

## **Technische Möglichkeiten zur Pflanzenschutzmitteleinsparung im Obstbau**

Christoph Kämpfer, Tanja Pelzer, Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten  
Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Pflanzenschutzmitteleinsparungen und die Abdriftreduzierung sind wichtige gesellschaftlich und politisch formulierte Ziele. Technische Entwicklungen im Bereich der Applikationstechnik für den Obstbau können dazu beitragen, die Vorgaben zu erfüllen. Der Einsatz von abdriftreduzierten Düsen, Tunnelsprühgeräten, Sensoren zur Laubwandererkennung und Lückenschaltungen, sowie neue Berechnungsmodelle zur Kalkulation des Pflanzenschutzmittelbedarfs sind Ansätze, die in den letzten Jahren verfolgt worden sind und in diesem Beitrag vorgestellt werden.

### **Schlüsselwörter**

Pflanzenschutzmitteleinsparung, Obstbau, Injektordüsen, Tunnelsprühgeräte, Recycling, Laubwandererkennung, Pflanzenschutzmittelvermeidung

## **Technical options for saving plant protection products in fruit-growing**

Christoph Kämpfer, Tanja Pelzer, Jens Karl Wegener, Dieter von Hörsten  
Julius Kuehn-Institute, Institute for Application Techniques in Plant Protection, Brunswick

### **Abstract**

Savings of pesticides and drift reduction are important social and political goals. Technical progress in the field of application techniques may contribute to the achievement of these objectives. The use of low-drift nozzles, tunnel sprayers, sensors for foliage detection and gap switching systems, as well as new computation models are concepts which have been pursued in recent years and which will be described in this paper.

### **Keywords**

Pesticide saving, fruit-growing, injector nozzles, tunnel sprayer, recycling, foliage detection

## **Pflanzenschutztechnik im Obstbau**

In den Hauptanbaugebieten "Altes Land" bei Hamburg und in der Region um den Bodensee haben sich die meisten Betriebe auf den Obstanbau spezialisiert. Dabei dominiert die Apfelproduktion diesen Sektor. Im Jahr 2012 haben von den 7.455 Obstbaubetrieben mit Baumobst 6.074 Betriebe Äpfel produziert. Von den ca. 46.000 ha Baumobst entfielen dabei fast 32.000 ha Anbaufläche auf die Apfelproduktion. Mit einer produzierten Gesamtmenge von 972.000 t erzeugten die Apfelanbauer im Baumobstsegment den höchsten Gesamtertrag [1]. Dabei ist in der modernen Kernobstproduktion der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eine der wichtigsten Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Pflanzenbestände und zur Sicherung der Produktqualität. Daher werden in Deutschland im Obst- und Weinbau sowie anderen Raumkulturen ca. 42.000 Sprühgeräte eingesetzt [2].

Die gesellschaftliche und politische Zielsetzung sieht vor, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu begrenzen und unnötige Anwendungen zu unterlassen [3]. Parallel dazu soll die Genauigkeit der Applikation verbessert werden, um einen Eintrag von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielflächen auf ein Minimum zu reduzieren. Die Verbesserung bestehender Verfahren zur Pflanzenschutzmittelapplikation und die Anpassung der Applikation an den Pflanzenbestand sind Möglichkeiten, mit denen diese Zielvorgaben erreicht werden können. Darüber hinaus kann der Anwender unter Verwendung von Einstellhilfen den Pflanzenschutzmitteleinsatz gezielter auf die Obstanlage abstimmen. Der Stand der Technik sowie aktuelle Forschungsarbeiten zur Umsetzung dieser prinzipiellen Möglichkeiten sollen in diesem Beitrag vorgestellt werden.

### *Injektordüsen zur Reduktion der Abdrift*

Die Abdrift von Pflanzenschutzmitteln wird stark durch das von der eingesetzten Düse erzeugte Tropfenspektrum beeinflusst [4; 5]. Bis vor einigen Jahren wurden im Obstbau noch in großer Zahl konventionelle Hohlkegeldüsen eingesetzt. Diese sind jedoch aufgrund ihres feinen Tropfenspektrums drifthanfällig [4]. Seit einiger Zeit werden im Obstbau zunehmend Injektordüsen genutzt, da sie grobe Tropfen erzeugen und somit die Abdrift deutlich reduziert werden kann [5; 6]. Die Bedenken hinsichtlich einer verminderten Wirksamkeit konnten durch zahlreiche Versuche in unterschiedlichen Anbaugebieten entkräftet werden. In den vergangenen Jahren wurden Versuche u.a. mit Standarddüsen (Teejet TXA 80-02, Albus ATR gelb 80-02) und Injektordüsen (Lechler ID 120-015, Lechler ITR 80-015, Albus AVI 80-015, Lechler ID grün 80-015) durchgeführt, um den Einfluss der Düse auf die biologische Wirksamkeit der Pflanzenschutzmittel gegen wichtige Schaderreger (Apfelwickler, Blattläuse, Schorf, Mehltau) im Apfelanbau zu untersuchen. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass der Einsatz von Injektordüsen in den meisten Fällen keinen einschränkenden Einfluss auf die biologische Wirksamkeit der Applikationsmaßnahme hat [7].

### *Tunnelsprühgeräte*

Tunnelsprühgeräte applizieren Pflanzenschutzmittel von zwei Seiten (**Bild 1**). Dabei wird die Raumkultur durch die Kollektoren in der Regel von beiden Seiten abgeschildert. Durchdringen überschüssige Pflanzenschutzmitteltropfen den Baum, werden diese von den Kollektoren

aufgefangen und über ein Filter- und Recyclingsystem wieder in den Pflanzenschutzmittelvorratsbehälter zurückgeführt. Damit ist es möglich, Pflanzenschutzmittel einzusparen und den Eintrag in die Umwelt zu reduzieren. In dem mehrjährigen Projekt "Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland" erreichte ein zweireihiges Tunnelsprühergerät eine Pflanzenschutzmitteleinsparung von durchschnittlich 19 % (maximal 30 %). Ein einreihiges Gerät konnte im gleichen Projekt ca. 48 % Pflanzenschutzmittel im Praxiseinsatz einsparen [8]. Der Grund für diese Differenz ist, dass eine Einstellung der Baumbreite bei einreihigen Geräten genauer durchgeführt werden kann.



**Bild 1:** Einreihiges Tunnelsprühergerät bei der Applikation in einer Obstanlage [27].

**Figure 1:** Application of plant protection products by a single-row tunnel sprayer [27].

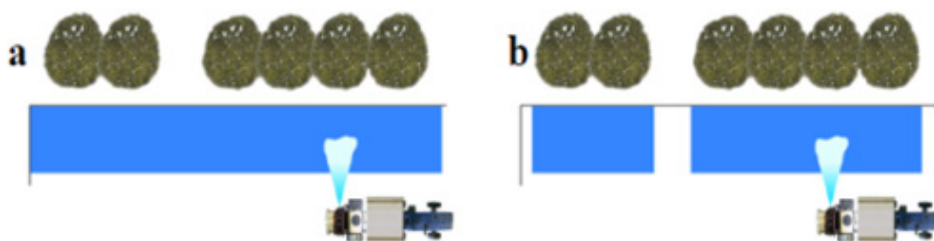
Besonders interessant sind Tunnelsprühergeräte für gewässerreiche Regionen wie dem Alten Land bei Hamburg. Hier gilt die Vorgabe, dass zur Pflanzenschutzmittelapplikation Technik eingesetzt werden muss, die mindestens als 75 % verlustmindernd eingestuft ist. Darüber hinaus müssen in den ersten zwei Randreihen sowohl Luft als auch Düsen gewässerseitig abgeschaltet werden. Dies hat zur Folge, dass diese Randreihen nur einseitig behandelt werden können. Mit dem Einsatz von Tunnelsprühergeräten kann jedoch eine beidseitige Behandlung der Randreihen ohne Abschaltung von Düsen und Luft erfolgen [9].

Ein Nachteil dieser Geräte ist jedoch, dass sie im Vergleich zu Standardsprühergeräten anspruchsvoller in der Bedienung und zudem kostenintensiver sind. Da Tunnelsprühergeräte die zu behandelnde Baumreihe überspannen, müssen sie vom Anwender auf die Höhe der

Obstanlage und die Breite der Baumreihe genau eingestellt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Daher eignen sie sich nur für Anlagen bis zu einer maximalen Höhe um 3,5 m. Ein weiterer Nachteil dieser Sprühgeräte ist, dass sie nicht unter Hagelnetzen eingesetzt werden können. Damit eignen sie sich nur bedingt für die Bodenseeregion, in der Hagelnetze häufig genutzt werden. Hinzu kommt, dass Tunnelsprühgeräte größere Vorgewende benötigen. Dies erschwert zum Teil den Einsatz in enger bepflanzten Raumkulturen. Zudem rentieren sich Tunnelsprühgeräte wegen der höheren Anschaffungskosten i.d.R. nur in größeren Betrieben. Nach einer Kalkulation von [8] rechnet sich ein zweireihiges Tunnelsprühgerät erst ab einer Flächenauslastung von 20 ha und einer mittleren Pflanzenschutzmitteleinsparrate von 25 %.

### *Sensorgesteuerte Lückenschaltung*

Der Baumbestand in zahlreichen Obstanlagen ist zumeist heterogen in Bezug auf Baumhöhen, Laubdichten, Baumabstände und Lücken. Durch den Anbau unterschiedlicher Sorten bzw. Unterlagen, Erziehungsformen, Alter der Anlagen und vereinzelt Nachpflanzungen von Fehlstellen kommt es in Obstbaubetrieben zu dieser Heterogenität. Zudem unterscheidet sich manchmal die Wuchshöhe aufgrund unterschiedlicher Wachstumsbedingungen oder es entstehen Lücken im Bestand durch abgebrochene Äste oder fehlende Bäume. In der bisherigen Vorgehensweise bei der Pflanzenschutzmittelapplikation im Obstbau erfolgt i.d.R. keine Lückenschaltung, da die manuelle Durchführung zu ungenau ist und den Fahrer übermäßig belasten würde. Die Obstanlage wird folglich ohne Abschaltung in der Reihe (egal ob Lücken vorhanden sind oder Bäume fehlen) durchgehend behandelt (**Bild 2a**). Eine mögliche Lösung für dieses Problem stellt der Einsatz von Sensoren am Sprühgerät zur Lückenerkennung im Baumbestand dar. Mit dieser Technik können Fehlstellen detektiert und über einen Jobrechner die Düsen des Sprühgerätes automatisch abgeschaltet werden (**Bild 2b**). Dabei werden Düsen über eine Lückenschaltung entweder einzeln oder in Gruppen angesteuert. Diese Technik bietet zudem weitere Vorteile am Vorgewende, da auch dort automatisch ein präzises ab- bzw. anschalten der Applikation möglich ist, was den Fahrer - insbesondere bei nächtlichen Behandlungen - erheblich entlasten kann.



**Bild 2:** Schematische Darstellung der praxisüblichen durchgehenden Applikation (a) und der Applikation mit Lückenschaltssystem (b) [verändert nach [14].

**Figure 2:** Illustration of continuous application in practice (a) and application with target spray system (b) [14].

Für die Anwendung am Sprühgerät werden bereits seit längerem unterschiedliche Sensorsysteme entwickelt und erprobt. Unter anderem wird an Laser-, Ultraschall-, Kamera- und Infrarotsystemen geforscht [10 bis 14]. Ultraschallsysteme sind im Vergleich zu Laser- und Kamerasystemen deutlich günstiger in der Anschaffung [14], liefern aber häufig eine schlechtere Auflösung, da der Durchmesser des Schallkegels in der Messebene im zweistelligen Zentimeterbereich liegt. Hinzu kommt, dass sich die Sensoren bei zu geringem Montageabstand gegenseitig beeinflussen können. Um diese gegenseitige Beeinflussung zu verhindern, werden am Sprühgerät häufig nur drei Sensoren je Seite mit großem Abstand zueinander genutzt, was zu einer deutlich schlechteren Auflösung des Abtastbereiches führt [14]. Damit kann die Lückenschaltung die Laubwand auch nur in drei grobe Detektionsbereiche unterteilen. Hinzu kommt, dass kleine Lücken schwieriger erkannt werden, wenn das reflektierte Echo der umgebenden Laubwand zu stark ist. Infrarotsensoren sind ebenfalls günstiger als Lasersysteme und liefern zudem eine bessere Auflösung als Ultraschallsensoren, da der Lichtkegel in der Messebene nur einige Zentimeter beträgt. Diese verringert zudem die gegenseitige Beeinflussung, weshalb mehrere Sensoren je Seite genutzt werden können.

Um zu prüfen, welche Sensorsysteme in der Praxis von Relevanz sind, wurde eine Internetrecherche durchgeführt (**Tafel 1**). Marktreife Systeme sind entweder mit Ultraschall- oder Infrarotsensoren ausgestattet. Allerdings verfügen alle Sprühgeräte nur über eine relativ geringe Anzahl an Sensoren je Seite. Dies hat zur Folge, dass jedem Sensor mehrere Düsen zugeordnet werden müssen. Zwei der recherchierten Systeme verfügen nur über einen Sensor je Seite. Diese Systeme können daher nicht als Lückenschaltssysteme gewertet werden, da sie nur sehr große Fehlstellen im Bestand detektieren können. Allerdings können Sie dem Fahrer im Vorgewende assistieren, da die Schaltung der Düsen zu Beginn und am Ende der Baumreihen automatisiert ist. Fehlen ganze Bäume innerhalb einer Reihe, kann ein solches System ebenfalls zu einer Pflanzenschutzmitteleinsparung führen. Um jedoch eine möglichst hohe Einsparung von Pflanzenschutzmitteln zu realisieren, ist es erforderlich, den Baumbestand präziser zu erfassen. Dazu ist eine erhöhte Anzahl von Ultraschall- oder Infrarotsensoren erforderlich.

**Tafel 1:** Im Internet gefundene Sprühgeräte mit Lückenschaltung

**Table 1:** Sprayers with target spray system, which were found in the internet

Produktname	Hersteller	Sensortyp	Sensoranzahl	Quelle
Smartspray	Durand Wayland	Ultraschall	3 pro Seite	[16]
CC Eye 8000	Chemical Containers	Infrarot	4 pro Seite	[17]
ECO Reflex	Müller Elektronik	Infrarot	5 pro Seite	[18]
Tree Sensor Kit	Silvan	Ultraschall	1 pro Seite	[19]
One Shot	Nelson Manufacturing	Infrarot	1 pro Seite	[20]

Andere Systeme verfügen über drei bis fünf Sensoren je Seite. Damit ist es zwar möglich, die Laubwand genauer zu detektieren, allerdings werden jedem Sensor immer noch mehrere Düsen zugeordnet. Die Zuordnung einer Düsengruppe je Sensor führt dazu, dass der Applikationsbereich deutlich über den abgetasteten Bereich des Sensors hinausgeht. Kleine und mittlere Lücken können daher nicht immer von der Applikation ausgespart werden, wenn sie außerhalb des Sensorsichtfeldes liegen, im Sichtfeld des Sensors jedoch die Laubwand detektiert wird.

Existierende Systeme arbeiten zum Teil mit festgelegten Empfindlichkeitseinstellungen, welche sich nicht über eine automatisierte Anpassung durch die Software regeln lassen. Bei Versuchen mit der Eco-Reflex Steuerung wurde festgestellt, dass Zweige und Knospen nicht immer sicher erkannt werden [8].

In einem BLE-Projekt wurde der Ansatz der Lückenschaltung vom Julius Kühn-Institut aufgegriffen und weiter optimiert. Ziel war es, die Schaltung weiter zu verbessern, indem eine sensorgestützte Einzelsteuerung der Düsen realisiert wurde. Damit sollen auch kleine und mittlere Fehlstellen erkannt und von der Behandlung ausgespart werden. Dazu wurde ein Sprühgerät mit Radialgebläse NH 63 der Firma Wanner Maschinenbau GmbH mit Infrarotsensoren und einer automatischen Düsenschalung ausgerüstet.

Das Gerät unterscheidet sich von bestehenden Geräten dadurch, dass jeder Düse mindestens ein Sensor zugeordnet werden kann. Somit kann jede Düse durch die Sensorsteuerung einzeln ab- oder zugeschaltet werden. Erste Versuche unter Praxisbedingungen zeigen, dass die Pflanzenschutzmitteleinsparung in Obstanlagen mit hohem Lückenanteil fast 70 % erreichen kann [13]. Ähnliche Versuche mit dem Lückenschaltssystem Eco-Reflex (fünf Sensoren je Seite) haben in der Vergangenheit Einsparungspotentiale von maximal 43 % in vergleichbaren Obstanlagen erreichen können [20]. Versuche, bei denen ein Lückenschaltssystem mit Laserscanner genutzt wurde, haben je nach Art und Alter der Obstanlagen Einsparungen von 46 % bis 68 % erzielt [22].

Es ist allerdings zu beachten, dass diese Werte für einzelne Obstanlagen bestimmt wurden. Um zu klären, wie hoch die Einsparung im Mittel über die gesamte Vegetationsperiode ist, müssen Ergebnisse über mehrere Jahre auf unterschiedlichen Standorten gewonnen werden. Versuche mit der Lückenschaltung Eco-Reflex konnten in der Vergangenheit zeigen, dass die Pflanzenschutzmitteleinsparung geringer ausfällt, wenn sie über die gesamte Vegetationsperiode betrachtet wird [8]. Grund hierfür ist, dass sich das höchste Einsparungspotential zu Beginn der Vegetationsperiode ergibt und dieses mit zunehmender Belaubung stark verringert wird, da sich die Lücken im Jahresverlauf verkleinern oder schließen. Für die Betrachtung der Einsparung über die gesamte Vegetationsperiode sind daher mehrjährige Versuche notwendig.

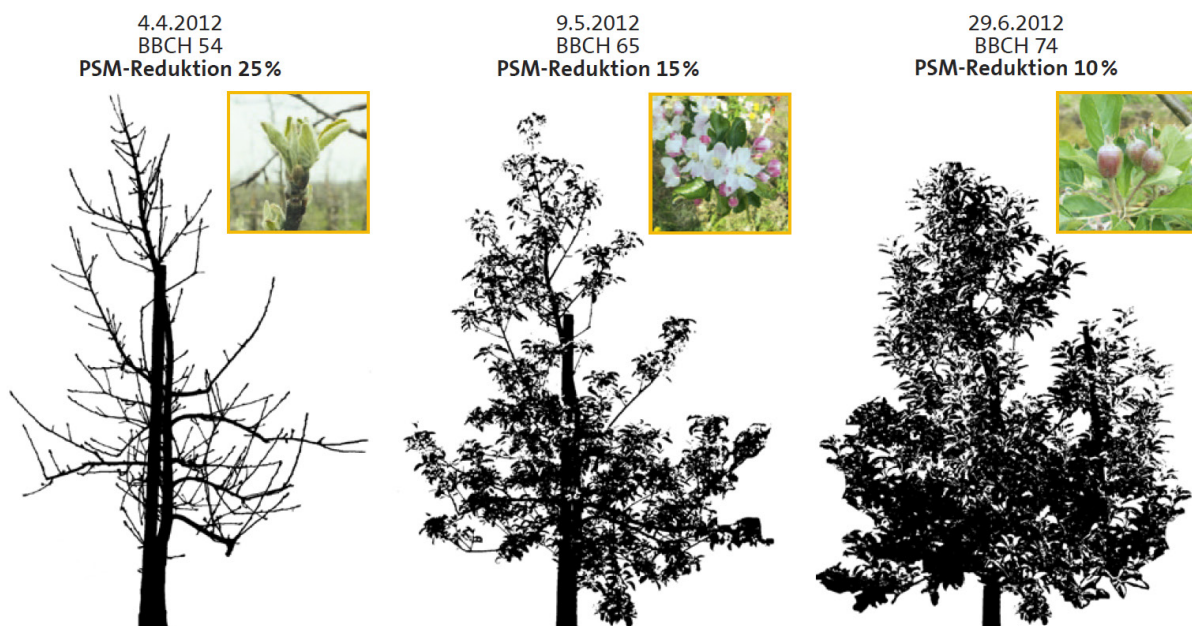
## **Dosiermodelle**

Neben den gerätetechnischen Entwicklungen ist eine laubwandabhängige Pflanzenschutzmittel-Applikation eine weitere Möglichkeit, eine Einsparung im intensiven Obstanbau zu realisieren. Während noch vor einiger Zeit auch im Obstanbau mit einem Flächenbezug appli-



ziert wurde, setzen sich heute verstärkt Berechnungen unter Berücksichtigung der räumlichen Laubstruktur durch. Sowohl in Großbritannien als auch in der Beratung am Bodensee hat man sich bereits intensiv mit der Berücksichtigung der Laubdichte und der Baumhöhe/-tiefe zur Festlegung der Aufwandmenge befasst [23; 24]. Dennoch ist derzeit festzustellen, dass die Pflanzenschutzmittelzulassung in Europa nicht nach einem einheitlichen System geregelt ist und eine langfristige Vereinheitlichung wünschenswert wäre. Die Einstellung der Geräte nach der Einstellanleitung mit Bezug auf die Baum bzw. Belaubungshöhe dient als Grundlage für die Verwendung eines verlustmindernden Gerätes [25]. Diese Parameter alleine berücksichtigen jedoch nicht ausreichend die Belaubungsdichte und -tiefe, die einen großen Einfluss auf die Durchdringung des Baumes mit Pflanzenschutzmitteln haben. In umfangreichen Versuchen (seit 2003) wurde das "Modell zur Anpassung der Pflanzenschutzmittelmenge an die Applikationsbedingungen" in verschiedensten Anlagen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit einer Auswahl von Sprühgeräten am Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz im JKI entwickelt. Die Berücksichtigung der geräte- und laubwandspezifischen Parameter ermöglicht eine Kalkulation des zu reduzierenden Pflanzenschutzmittelaufwands. Die gerätespezifischen Parameter werden durch die Tropfenspektren der Düsen, sowie Art und Geschwindigkeit des Luftstroms beschrieben, während die Laubwand in Breite, Höhe und Tiefe charakterisiert wird.

Dieses Modell wurde in einem BLE-Projekt zusammen mit der Obstbauversuchsanstalt (OVA) weiterentwickelt und hinsichtlich der Praxistauglichkeit getestet. Die Einsetzbarkeit des Dosiermodells und die Errechnung des reduzierten Pflanzenschutzmittelaufwands wurden in mehreren Praxisbetrieben mit unterschiedlichen Geräten und in verschiedenen Anlagen getestet. In **Bild 3** ist dargestellt, um wie viel Prozent der Aufwand an Pflanzenschutzmitteln auf Grundlage des Modells gesenkt werden kann.



**Bild 3:** Bestimmung der Belaubungsdichte und mögliche Pflanzenschutzmitteleinsparung nach Errechnung [26].

**Figure 3:** Determination of foliage density and calculated pesticide savings [26].

So sind Einsparungen zum Beginn der Vegetation von 25 % und am Vegetationsende von 10 % möglich. Deutlich wird, dass mit steigender Laubdicke die Einsparung abnimmt. Untersuchungen in Praxisbetrieben im Jahr 2012 konnten keinen erhöhten Mehltau- und Schorfbefall gegenüber der herkömmlich ermittelten Pflanzenschutzmenge nachweisen [26].

### **Zusammenfassung**

Bei der Applikationstechnik im Obstbau geht die Entwicklung nach wie vor in Richtung Abdriftreduzierung und Pflanzenschutzmitteleinsparung. Durch präzisere Applikationstechniken und effizientere Pflanzenschutzmittelanwendung sollen die gesellschaftlich und politisch formulierten Ziele zur Entlastung des Naturhaushalts erreicht werden. Die Herausforderungen bestehen darin, den Pflanzenschutzmittelaufwand exakt an die Charakteristik des Baumbestandes anzupassen. Neue und weiter verbesserte Sensorsysteme können dazu beitragen. Zukünftige Sprühgeräte mit Lückenschaltung werden in der Lage sein, die applizierte Pflanzenschutzmenge eigenständig an die Gegebenheiten in der Obstanlage anzupassen.



## **Literatur**

- [1] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftliche Bodennutzung – Baumobstflächen 2012. Im Internet unter [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ObstGemueseGartenbau/Baumobstflaechen2030314129004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ObstGemueseGartenbau/Baumobstflaechen2030314129004.pdf?__blob=publicationFile), Abrufdatum: 05.01.2015.
- [2] Wehmann, H.-J.: Inspection of Pesticide application equipment (PAE) in use -Survey in European countries. Persönliche Kommunikation vom 06.01.2015.
- [3] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. In: Bundesanzeiger BAnz AT 15.05.2013 B1, 2013.
- [4] Nuytens, D.; Taylor, W.A.; De Schampheleire, M.; Verboven, P. und Dekeyser, D.: Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. Biosystems Engineering 103 (2009), S. 271–280.
- [5] Nuytens, D.; Baetens, K.; De Schampheleire, M. und Sonck, B.: Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. Biosystems Engineering 97 (2007), S. 333–345.
- [6] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Obstbau - Kulturführung und Pflanzenschutz. 16. überarbeitete Auflage. Münster: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2014).
- [7] Höhn, H.; Kuske, S.; Schweizer, S. und Naef, A.: Einfluss von Driftreduktionsmaßnahmen. Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau (2014) H.7, S. 8-11.
- [8] Ganzelmeier, H.; Schmidt, K.; Dröge, K.; Lamprecht, S.; Süss, A. und Bischoff, G.: Gewässerschonender Pflanzenschutz zur Erhaltung gewachsener Obstbaulandschaften in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen 64 (2012), S. 41-61.
- [9] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Verordnung über die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in bestimmten Gebieten von Hamburg und Niedersachsen (Altes Land Pflanzenschutzverordnung) vom 25. April 2013. In: Bundesanzeiger BAnz AT 02.05.2013 V1, 2013.
- [10] Brown, D.L.; Giles, D.K.; Oliver, M.N. und Klassen, P.: Targeted spray technology to reduce pesticide in runoff from dormant orchards. Crop Protection 27 (2008), S. 545-552.
- [11] Hocevar, M.; Sirok, B.; Jejcic, V.; Godesa, T.; Lesnik, M. und Stajniko, D: Design and testing of an automated system for targeted spraying in orchards. Journal of Plant Diseases and Protection 117 (2010), S. 71-79.
- [12] Xiongkui, H.; Aijun, Z.; Yajia, L. und Jianli, S.: Precision orchard sprayer based on automatically infrared target detecting and electrostatic spraying techniques. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 4 (2011), S. 35–40.

- [13] Kämpfer, C.; Huhs, J. Ralfs; J.-P., Görgens M. und Pelzer, T.: Untersuchung zur Mitteleinsparung durch eine optimierte Lückenschaltung. In JKI (Hrsg.): 59. Deutsche Pflanzenschutztagung Kurzfassungen der Beiträge, 23.-26. September 2014 Freiburg, Julius Kühn Archiv 447, S. 95-96.
- [14] Escolà Agustí, A.; Camp Fera-Carot, F.; Solanelles Batlle, F.; Llorens Calveras, J.; Planas de Martí, S.; Rosell Polo, J.R.; Gràcia Aguilà, F.; Gil Moya, E. und Val Manterola, L.: 2007. Variable dose rate sprayer prototype for dose adjustment in tree crops according to canopy characteristics measured with ultrasonic and laser lidar sensors. In: ECPA-European Conference on Precision Agriculture., 03.-06. Juni 2007 Skiatos, S. 563-571.
- [15] Escolà, A.; Planas, S.; Rosell, J.R.; Pomar, J.; Camp, F.; Solanelles, F.; Gracia, F.; Llorens, J. und Gil, E.: Performance of an ultrasonic ranging sensor in apple tree canopies. *Sensors* 11 (2011) H.3, S. 2459–2477.
- [16] -, -: Internetauftritt der Firma Durand Wayland - Smartspray. Im Internet unter [http://durand-wayland.com/spraying/smartspray\\_jb.html](http://durand-wayland.com/spraying/smartspray_jb.html), Abrufdatum: 02.12.2014.
- [17] -, -: Internetauftritt der Firma Chemical Containers - CC-Eye 8000. Im Internet unter <http://www.chemicalcontainers.com/cceye8000.aspx>, Abrufdatum: 03.12.2014.
- [18] -, -: Internetauftritt der Firma Müller Elektronik - Eco-Reflex. Im Internet unter <http://www.mueller-elektronik.de/wp-content/uploads/30303726-02-001.pdf>, Abrufdatum: 27.11.2014.
- [19] -, -: Internetauftritt der Firma Silvan - Tree Sensor Kit. Im Internet unter <http://www.silvan.com.au/products/silvan-spraying-equipment/booms-pumps/bravo-control-cw-sensors-sols-id-23319/>, Abrufdatum: 02.12.2014.
- [20] -, -: Internetauftritt der Firma Nelson Manufacturing - One Shot. Im Internet unter [http://www.nelsonhardie.com/more\\_products.html](http://www.nelsonhardie.com/more_products.html), Abrufdatum: 03.12.2014.
- [21] Ganzelmeier H. und Nordmeyer H: Innovationen in der Applikationstechnik. In: Tiedemann A. v.; Heitefuss R. und Feldmann F.: Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz (2008), S. 138-149. Braunschweig: DPG Selbstverlag.
- [22] Zhu, H.; Chen, Y.; Liu, H.; Shen, Y.; Gu, J.; Ozkna, E.; Dersen, R.; Reding, M.; Ranger, C.; Canas, L.; Krause, C.; Locke, J.; Ernst, S.; Zondang, R.; Fulcher, A. und Rosetta, R.: Laser-guided variable-rate air-assisted sprayer for ornamental nursery and orchard applications. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering. 06.-10. Juli 2014 Zürich. Im Internet unter: [http://www.geysec.es/ageng2014/eposter/?seccion=index\\_posters](http://www.geysec.es/ageng2014/eposter/?seccion=index_posters), Abrufdatum: 03.12.2014.
- [23] Walklate, P.J. und Cross, J.V.: Regulated dose adjustment of commercial orchard spraying products. *Crop Protection* 54 (2013), S. 65–73.
- [24] Triloff, P.: Verlustreduzierter Pflanzenschutz im Baumobstbau : Abdriftminimierung und Effizienzsteigerung durch baumformabhängige Dosierung und optimierte Luftführung. Dissertation Universität Hohenheim. Stuttgart: Grauer (2011).

- [25] Bäcker, G.; Ganzelmeier, H.; Hauser, R.; Ipach, R.; Kaul, P.; Keicher, R.; Knewitz, H.; Ralfs, J.-P.; Sauer, E.; Schenk, A.; Schmidt, K.; Stieg, D. und Stauss, M.: Sachgerechte Einstellung und Handhabung von Sprühgeräten im Obstbau. Im Internet unter [http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam\\_uploads/\\_AT/pr%C3%BCfungsbegleitende\\_Forschung/Einstellung%20und%20Handhabung%20von%20Spr%C3%BChger%C3%A4ten%20Obstbau.pdf](http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_AT/pr%C3%BCfungsbegleitende_Forschung/Einstellung%20und%20Handhabung%20von%20Spr%C3%BChger%C3%A4ten%20Obstbau.pdf). Abrufdatum: 08.01.2015.
- [26] Pelzer, T. und Huhs, J.: Laubwandangepasste Applikation: Weniger Pflanzenschutzmittel im intensiven Apfelanbau. Besseres Obst (2014) H. 3, S. 32-35.
- [27] Knewitz, H.: Effektiver Pflanzenschutz durch moderne Applikationstechnik. Im Internet unter <http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/internet/global/themen.nsf/514c58a76a079447c12573a1003a5d31/e73dfcc5b469cc33c12572d80035a3e2?OpenDocument> Abrufdatum: 09.01.2015

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 30.01.2015

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Kämpfer, Christoph; Pelzer, Tanja; Wegener, Jens Karl; von Hörsten, Dieter: Pflanzenschutzmitteleinsparung im Obstbau. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055060>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/194.html>